



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**COMPOSIÇÃO MINERAL E BROMATOLÓGICA DE GENÓTIPOS DE
PALMA FORRAGEIRA DOS GÊNEROS *OPUNTIA* E *NOPALEA* EM
DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS**

DANILO DANTAS DA SILVA

AREIA - PB
MARÇO - 2019

DANILO DANTAS DA SILVA

**COMPOSIÇÃO MINERAL E BROMATOLÓGICA DE GENÓTIPOS DE
PALMA FORRAGEIRA DOS GÊNEROS *OPUNTIA* E *NOPALEA* EM
DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

Linha de Pesquisa: Avaliação da produção, manejo e conservação de forrageiras nativas e cultivadas.

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Divan Soares da Silva – Orientador Principal

Prof. Dr. Alberício Pereira de Andrade

Pesquisador Dr. Francisco Abel Lemos Alves

AREIA - PB

MARÇO – 2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586c Silva, Danilo Dantas da.

Composição mineral e bromatológica de genótipos de palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* em diferentes estádios fenológicos. / Danilo Dantas da Silva. - Areia, 2019.
46f.

Orientação: Divan Soares da Silva.

Coorientação: Alberício Pereira de Andrade, Francisco Abel Lemos Alves.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. alimentação animal. 2. cactácea. 3. Semiárido brasileiro. I. Silva, Divan Soares da. II. Andrade, Alberício Pereira de. III. Alves, Francisco Abel Lemos. IV. Título.

UFPB/CCA-AREIA



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: "COMPOSIÇÃO MINERAL E BROMATOLÓGICA DE GENÓTIPOS DE PALMA FORRAGEIRA DOS GÊNEROS OPUNTIA E NOPALEA EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS"

AUTOR: Danilo Dantas da Silva


ORIENTADOR: Divan Soares da Silva

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:


Prof. Dr. Divan Soares da Silva
Presidente
Universidade Federal da Paraíba


Prof.ª Dra. Maria do Socorro de Caldas Pinto
Examinadora
Universidade Estadual da Paraíba


Prof.ª Dra. Aline Mendes Ribeiro Rufino
Examinadora
Universidade Federal da Paraíba

Areia, 08 de março de 2019

BIOGRAFIA DO AUTOR

Danilo Dantas da Silva, nascido em 09 de abril de 1994 em Catolé do Rocha - PB, filho de Sebastião Camelo Dantas Filho e Divaneide Maria da Silva. Em março de 2012 iniciou o curso Técnico Subsequente ao Ensino Médio em Agropecuária da Escola Agrotécnica do Cajueiro. No ano seguinte, 2013, ingressou no curso de Licenciatura Plena em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba, onde desenvolveu atividades de iniciação científica, extensão e monitoria. Foi bolsista PIBIC e monitor da disciplina de Matemática Aplicada as Ciências Agrárias. Em março de 2017 recebeu o título de Licenciado em Ciências Agrárias e no mesmo período iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na Universidade Federal da Paraíba – Campus Areia, concentrando seus estudos na área de Forragicultura.

“Dá esforço ao cansado, e multiplica as forças ao que não tem nenhum vigor. Os jovens se cansarão e se fatigarão, e os mancebos certamente cairão. Mas os que esperam no Senhor renovarão as suas forças, subirão com asas como águias: correrão e não se cansarão; caminharão, e não se fatigarão.”

Isaías 40:29-31

“Esforça-te, e tem bom ânimo; não pases, nem te espantes: porque o Senhor teu Deus é contigo, por onde quer que andares.”

Josué 1:9

*A **Deus**, meu amigo de todas as horas, toda honra e glória seja dada. Sem Sua permissão, amor incondicional e força não seria possível realizar este sonho. A minha mãe, **Divaneide Maria da Silva** e aos meus avós **Maria de Fátima Brito da Silva** e **Damião Arruda da Silva**, por todo o carinho, cuidado e amor. Por compreenderem a minha ausência. Por todas as barreiras e sacrifícios enfrentados para que pudesse ser o que sou hoje. Por todas as orações, abraços na despedida e lágrimas que me serviram de conforto para não desistir do meu sonho.*

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todo o cuidado e carinho durante essa caminhada. Verdadeiramente o Senhor tem sido meu refúgio, fortaleza e socorro bem presente. Não tenho palavras para agradecer Tua bondade.

Ao prof. Dr. Alberício Pereira de Andrade e o Prof. Dr. Divan Soares da Silva, pela orientação e cuidado, principalmente por contribuírem na minha formação acadêmica e pessoal. Meu mais sincero obrigado.

Ao pesquisador Dr. Francisco Abel Lemos Alves do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) pela orientação e apoio durante a condução da pesquisa.

À Universidade Federal da Paraíba e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pelo acolhimento.

À Coordenação do Programa de Pós Graduação em Zootecnia na pessoa da Profa. Dra. Patrícia Emilia Naves Givisiez.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa, sem a qual não seria possível a realização desta pós-graduação.

A Estação Experimental do Instituto de Pesquisa Agropecuária (IPA) na cidade de Arcoverde – PE e ao pesquisador Djalma Cordeiro dos Santos pelo apoio no projeto e fornecimento da estrutura para a condução do experimento.

À equipe do Laboratório de Nutrição Animal e Análise de Alimentos em especial o prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros, o técnico de laboratório Jota Sales e os alunos de pós-graduação Felipe José e Luana Magna.

Ao Laboratório de Física e Química do Solo pela possibilidade de realizar a análise de solo.

Ao prof. Dr. Walter Esfrain Pereira pela disponibilidade em ajudar na condução das análises estatísticas deste trabalho.

Aos professores da banca examinadora, pelas valiosas contribuições a este

trabalho.

À Profa. Dra Aline Mendes Ribeiro Rufino por todas as contribuições relevantes a minha formação no decorrer do Estágio à Docência.

Aos meus colegas de curso Múcio Freire Vieira e Marilânia da Silva Santos, que trilharam esse caminho comigo, ajudando no que foi possível, quando tudo para mim ainda era novidade.

À equipe do Grupo de Pesquisa Lavoura Xerófila em especial Janieire e Ribamar, que me ajudaram na parte escrita do projeto, dando-me suporte logo quando ingressei no PPGZ.

Aos bolsistas do IPA, Flávio e Marciano pelo apoio e amizade construída durante a estadia na estação experimental.

Aos meus amigos e professores da Universidade Estadual da Paraíba, em especial a Profa Dra. Maria do Socorro de Caldas Pinto por toda cumplicidade, amizade, ensinamentos e incentivos durante esses anos.

À minha família e amigos tenho um agradecimento muito especial, pois acreditaram em mim desde o primeiro instante e permaneceram do meu lado, compreenderam a minha ausência e ajudaram-me com carinho, afeto e orações.

A todos os professores, funcionários e colegas do Programa de Pós Graduação em Zootecnia, pela união e ajuda prestada nessa nossa caminhada acadêmica.

A todos que contribuíram de alguma forma para minha formação acadêmica.

Obrigado!

SUMÁRIO

	Página
Resumo.....	xiii
Abstract.....	xiv
1. Introdução.....	15
2. Referencial Teórico.....	17
2.1 A cultura palma forrageira.....	17
2.2 Importância da palma forrageira para o Semiárido.....	18
2.3 Valor nutricional da palma forrageira.....	20
3. Material e Métodos.....	23
3.1 Local da coleta.....	23
3.2 Caracterização edafoclimática.....	23
3.3 Genótipos e cultivo.....	24
3.4 Coleta do material vegetal.....	25
3.5 Determinação da composição mineral.....	26
3.6 Determinação da composição bromatológica.....	27
3.7 Análise estatística.....	27
4. Resultados e Discussão.....	29
5. Conclusões.....	38
6. Referências Bibliográficas.....	39

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Atributos físico-químicos do solo da área cultivada com genótipos de palma forrageira em Arcoverde, Pernambuco, 2019.....	23
Tabela 2. Genótipos de palma forrageira, dos gêneros <i>Opuntia</i> e <i>Nopalea</i> , utilizados no estudo e cultivados em Arcoverde, Pernambuco, 2019.....	24
Tabela 3. Resumo da análise de variância da composição mineral e bromatológica entre os fatores envolvidos no experimento.....	30
Tabela 4. Teores de P, Ca, B, Cu e Mn dos genótipos de palma forrageira em diferentes estádios fenológicos do cladódio.....	32
Tabela 5. Concentrações de EE, FDN e FDA dos genótipos de palma forrageira em diferentes estádios fenológicos do cladódio.....	34
Tabela 6. Composição mineral e bromatológica em função dos genótipos de palma forrageira dos gêneros <i>Opuntia</i> e <i>Nopalea</i>	36
Tabela 7. Composição mineral e bromatológica em função dos estádios fenológicos do cladódio de palma forrageira.....	37

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (%) da área de cultivo dos genótipos de palma forrageira de dezembro de 2014 a maio de 2018.....	24
Figura 2. Genótipos de palma forrageira dos gêneros <i>Opuntia</i> (orelha de elefante mexicana - A; orelha de elefante africana - B; F-08 - C; V-19 - D) e <i>Nopalea</i> (miúda - E; F-21 - F; IPA-Sertânia - G).....	25
Figura 3. Estádios fenológicos dos cladódios de palma forrageira: maduro (A), intermediário (B) e jovem (C).....	26

SILVA, D. D. **Composição mineral e bromatológica de genótipos de palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* em diferentes estádios fenológicos.** (Dissertação - Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. UFPB, Areia - PB.

RESUMO

A palma é um importante recurso forrageiro para a região Semiárida e amplamente utilizada na alimentação animal. Apresenta uma grande diversidade genética, existindo a necessidade de caracterizar os genótipos mais cultivados. O objetivo deste estudo foi avaliar a variação na composição mineral e bromatológica de diferentes estádios fenológicos do cladódio de genótipos de palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*. Para tanto, realizou-se coleta em área implantada com os genótipos na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, em Arcoverde-PE. Os materiais do gênero *Opuntia* (IPA-200016, IPA-200174, IPA-200008 e IPA-200149) e *Nopalea* (IPA-100004, IPA-200021 e IPA-200205) foram avaliados quanto à composição mineral e bromatológica por estágio fenológico do cladódio (jovem, intermediário e maduro). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 7x3 e os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Os conteúdos dos nutrientes variaram N (10,55 a 13,47 g.kg⁻¹ MS), P (3,87 a 9,12 g.kg⁻¹ MS), K (23,18 a 34,46 g.kg⁻¹ MS), Ca (41,72 a 81,79 g.kg⁻¹ MS), Mg (7,03 a 7,28 g.kg⁻¹ MS), S (2,98 a 4,16 g.kg⁻¹ MS), B (38,64 a 80,67 mg.kg⁻¹ MS), Fe (90,40 a 116,78 mg.kg⁻¹ MS), Cu (2,33 a 6,65 mg.kg⁻¹ MS), Zn (70,99 a 127,69 mg.kg⁻¹ MS), Mn (39,84 a 317,73 mg.kg⁻¹ MS), MS (61,42 a 83,80 g.kg⁻¹ MN), MM (146,46 a 181,83 g.kg⁻¹ MS), MO (818,17 a 853,54 g.kg⁻¹ MS), EE (15,59 a 22,68 g.kg⁻¹ MS), PB (57,51 a 71,24 g.kg⁻¹ MS), FDN (232,57 a 357,62 g.kg⁻¹ MS), FDA (115,61 a 213,23 g.kg⁻¹ MS), CNF (433,12 a 504,93 g.kg⁻¹ MS) e CHOT (738,89 a 773,56 g.kg⁻¹ MS). A composição mineral e bromatológica dos genótipos de palma forrageira apresenta variabilidade nos diferentes estádios fenológicos do cladódio. O corte em estágio fenológico jovem e intermediário prioriza as maiores concentrações de minerais, proteína bruta e carboidratos não fibrosos.

Palavras-chave: alimentação animal, cactácea, Semiárido brasileiro.

SILVA, D. D. **Mineral and bromatological composition of forage cactus genotypes of the genera *Opuntia* and *Nopalea* in different phenological stages.** (Dissertation - Master in Animal Science) Graduate Program in Animal Science. UFPB, Areia - PB.

ABSTRACT

The cactus pear is an important forage resource for the semiarid region and widely used in animal feed. It has a great genetic diversity and there is a need to characterize the most cultivated genotypes. The objective of this study was to evaluate the variation in mineral and bromatological composition of different cladode phenological stages of cactus pear genotypes of *Opuntia* and *Nopalea* genera. To this end, collection was performed in an area implanted with genotypes at the Experimental Station of the Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, in Arcoverde-PE. The materials of the genus *Opuntia* (IPA-200016, IPA-200174, IPA-200008 and IPA-200149) and *Nopalea* (IPA-100004, IPA-200021 and IPA-200205) were evaluated for mineral and bromatological composition by cladodes phenological stage (young, intermediate and mature). The experimental design was completely randomized in a 7x3 factorial scheme and the obtained data were submitted to analysis of variance and the means compared by Tukey test. The content of nutrients varied N (10.55 to 13.47 g.kg⁻¹ DM), P (3.87 to 9.12 g.kg⁻¹ DM), K (23.18 to 34.46 g.kg⁻¹ DM), Ca (41.72 to 81.79 g.kg⁻¹ DM), Mg (7.03 to 7.28 g.kg⁻¹ DM), S (2.98 to 4.16 g.kg⁻¹ DM), B (38.64 to 80.67 mg.kg⁻¹ DM), Fe (90.40 to 116.78 mg.kg⁻¹ DM), Cu (2.33 to 6.65 mg.kg⁻¹ DM), Zn (70.99 to 127.69 mg.kg⁻¹ DM), Mn (39.84 to 317.73 mg.kg⁻¹ DM), MS (61.42 to 83.80 g.kg⁻¹ MN), MM (146.46 to 181.83 g.kg⁻¹ DM), MO (818.17 to 853.54 g.kg⁻¹ DM), EE (15.59 to 22.68 g.kg⁻¹ DM), PB (57.51 to 71.24 g.kg⁻¹ DM), FDN (232.57 to 357.62 g.kg⁻¹ DM), FDA (115.61 to 213.23 g.kg⁻¹ DM), CNF (433.12 to 504.93 g.kg⁻¹ DM) e CHOT (738.89 a 773.56 g.kg⁻¹ DM). The mineral and bromatological composition of cactus pear genotypes show variability in different phenological stages of cladode. Cutting at a young and intermediate phenological stage prioritizes the highest concentrations of minerals, crude protein and non-fibrous carbohydrates.

Keywords: animal feed, cactus, Brazilian semiarid.

1. INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro possui o maior rebanho de pequenos ruminantes do país, mesmo encontrando nesta região um dos principais obstáculos para a criação animal, as condições climáticas. Altas temperaturas, baixa umidade, elevada evaporação e variabilidade das chuvas, afetam diretamente o setor agropecuário, pois prejudica o desenvolvimento das plantas forrageiras, o que resulta na estacionalidade da produção de forragens no período crítico do ano (MARQUES *et al.*, 2017).

Uma das formas de obter sucesso com a pecuária nessas condições é através do cultivo de plantas forrageiras adaptadas à região e que minimize os efeitos da sazonalidade na produção de forragens (CÂNDIDO *et al.*, 2013; DUBEUX JÚNIOR *et al.*, 2013). Uma alternativa de produção vegetal é o cultivo de plantas dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*, pois apresentam características anatômicas, fisiológicas e químicas que permitem seu crescimento e desenvolvimento em áreas sujeitas à secas (ALVES *et al.*, 2017).

Neste cenário, a palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) destaca-se como reserva estratégica de alimento para os ruminantes, por apresentar elevado potencial de produção de fitomassa e outros atributos qualitativos para a forragicultura. Além disso, nas últimas décadas, o melhoramento genético da cultura têm proporcionado genótipos com maior tolerância à seca e resistência à cochonilha-do-carmim, agregando ganhos econômicos aos produtores e ampliando suas possibilidades de uso (CAVALCANTI *et al.*, 2008; DE SANTIAGO *et al.*, 2018).

Determinar a composição bromatológica dos genótipos de palma forrageira torna-se de fundamental importância devido o potencial de utilização e, em alguns períodos do ano, ser a única fonte de alimento para os ruminantes. Ainda, é relevante para que por meio da seleção de espécies ou de genótipos, possa melhorar os índices produtivos (MUNIZ *et al.*, 2011). O conhecimento do valor nutricional das plantas forrageiras através da composição bromatológica, assume papel importante na análise qualitativa da forragem, haja vista que esses parâmetros podem influenciar direta ou indireta o consumo de matéria seca pelo animal (VAN SOEST, 1994).

A palma forrageira apresenta alta interação com o ambiente e diversos

fatores podem afetar a composição mineral e bromatológica dos cladódios, entre eles, as condições edafoclimáticas, idade da planta, época do ano, espécies, genótipos, tratos culturas, entre outros (DUBEUX JÚNIOR *et al.*, 2010). Por apresentar uma grande diversidade genética nos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*, com cerca de 300 espécies (MONDRAGÓN-JACOBO & PÉREZ-GONZÁLEZ, 2001), existe a necessidade de caracterizar as mais cultivadas no Brasil. Contudo, pouco se sabe sobre as diferenças nas concentrações dos nutrientes entre os estádios fenológicos do cladódio.

Assim, objetivou-se avaliar a variação na composição mineral e bromatológica em função de diferentes estádios fenológicos do cladódio de genótipos de palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A cultura da palma forrageira

A palma forrageira é uma cactácea pertencente à Divisão: Embryophyta, Subdivisão: Angiospermea, Classe: Dicotyledoneae, Subclasse: Archiclamideae, Ordem: Opuntiales e Família: Cactaceae (SILVA & SANTOS, 2006; WITH et al., 2009). Segundo Reyes-Aguero et al. (2005), nessa família são conhecidos 178 gêneros com aproximadamente 2000 espécies, porém, nos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* encontram-se as espécies de palma utilizadas como planta forrageira.

As plantas do gênero *Opuntia*, possuem porte arborescente, eretas, largura de caule variando de 60 a 150 cm, cladódios obovalados com 30 a 60 cm de comprimento e sistema radicular superficial que em condições de seca se desenvolvem horizontalmente para absorver água em níveis mais baixos. As do gênero *Nopalea*, apresentam caule de pequeno porte com muitas ramificações, formando cladódios, em média, de 25 cm de comprimento, com formato abovado e as raízes são volumosas e superficiais, que atingem a máxima profundidade de 30 cm (SILVA & SANTOS, 2006; MARQUES et al., 2017).

As espécies *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. e *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm Dyck. são originárias do México e cultivadas em países mediterrâneos, África Central e do Sul, nas Américas, Oriente Médio, Austrália e Índia (DE SANTIAGO et al., 2018). Há relatos que a introdução no Brasil, provavelmente ocorreu no período colonial, sendo que a data da sua prolusão ainda permanece obscura, tendo várias versões na literatura, e a maior parte não baseada em estudo historiográfico mais rigoroso (SIMÕES et al., 2005).

A versão mais aceita conta que a introdução no Nordeste do Brasil deu-se no final do século XVIII, com a finalidade de explorar o corante carmim, produzido a partir do inseto conhecido como cochonilha (*Dactylopius coccus*), hospedeiro natural da palma (SANTOS et al., 2005). Logo após, passou a ser utilizada como planta ornamental, e posteriormente, no início do século XX, produtores perceberam uma grande resistência a períodos de estiagem e aceitabilidade dos animais e desde então vem sendo utilizada como principal fonte de alimentação animal no período seco

(LOPES et al., 2012; SILVA & SAMPAIO, 2015; FELIX et al., 2018).

A palma forrageira adaptou-se bem as condições edafoclimáticas do semiárido, onde a disponibilidade de água é fator limitante ao crescimento e desenvolvimento das plantas e seres vivos, em geral. Para isso, possuem estratégias para sobreviver nesses ambientes, graças a mudanças anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (OLIVEIRA *et al.*, 2010; ALVES *et al.*, 2017). Estas plantas são detentoras do processo fotossintético conhecido como Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM), e apresentam uma alta eficiência no uso de água, em virtude da fixação de CO₂ no período noturno e a transformação deste em biomassa pela luz do sol durante o dia (PEREIRA *et al.*, 2017; FERRAZ *et al.*, 2017).

A produção da cultura se expandiu principalmente pelos estados de Alagoas, Pernambuco e Paraíba, os quais se destacam como áreas de cultivo (PEREIRA & LOPES, 2011). Estima-se que chegou a ocupar uma área superior a 600.000 hectares cultivados com as espécies *Opuntia ficus indica* e *Nopalea cochenillifera*, predominantemente no Nordeste, e destinados quase que exclusivamente para a alimentação animal, nos meses secos do ano (DUBEUX JÚNIOR *et al.*, 2013).

A palma Redonda, Gigante e Miúda são os genótipos mais explorados atualmente. O Instituto de Pesquisa Agropecuária do Pernambuco (IPA) vêm se dedicando a décadas no melhoramento genético da palma forrageira e difundindo genótipos mais produtivos, de melhor valor nutricional e principalmente resiste a pragas e doenças (CAVALCANTI *et al.*, 2008).

2.2. Importância da palma forrageira para o Semiárido

No Brasil, a região geograficamente definida como semiárido possui atualmente 1.262 municípios, estendendo-se por aproximadamente 1,03 milhões de Km², que representa 12% do território nacional e inclui municípios dos estados do Nordeste e do norte de Minas Gerais (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2018). Esta região é caracterizada por índices pluviais irregulares, má distribuição das chuvas e evapotranspiração elevada durante a maior parte do ano.

Estes fatores estão associados à sazonalidade na produção e qualidade das

forragens, conseqüentemente afetam a produtividade e desempenho dos animais na época mais crítica do ano, principalmente pela limitação das fontes proteicas e energéticas disponíveis, sendo necessário que os animais sejam suplementados, fazendo com que os custos de produção sejam elevados (BISPO *et al.*, 2007; LEITE *et al.*, 2014). Assim, os produtores buscam alternativas para suprir a carência alimentar de seus rebanhos e possibilitar manutenção da atividade pecuária.

Neste cenário, a palma forrageira apresenta elevada produção de fitomassa e destaca-se como reserva estratégica de alimento no Semiárido, apresentando alta aceitabilidade pelos animais, fornecendo energia e água durante o período de estiagem (SANTOS *et al.*, 2010). Para tanto, a palma desenvolveu estratégias de adaptação para sobreviver nesses ambientes, com mudanças morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, que permitem uma maior eficiência no uso da água, suportando longos períodos de estiagens (OLIVEIRA *et al.*, 2010; DUBEUX JR *et al.*, 2015).

Entre as características morfofisiológicas dessas espécies, o metabolismo fotossintético CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), possibilita abertura dos estômatos no período da noite para fixação do CO₂ e fechamento durante o dia, economizando na perda de água por transpiração para o meio (TAIZ *et al.*, 2017) e as tornam bem adaptadas às condições do semiárido.

Os critérios vantajosos observados na palma forrageira têm contribuído como uma alternativa alimentar aos animais, sendo fornecida *in natura*, como silagem, na forma de ração completa ou até mesmo farelo. Alguns autores afirmam que o cultivo de palma forrageira tem contribuído para a manutenção da biodiversidade da Caatinga, devido à diversificação nas alternativas de oferta de alimento, aumentando de forma significativa à lucratividade da atividade pecuária das famílias (ROCHA *et al.*, 2012).

A importância da palma como reserva estratégica de forragem e na sustentabilidade da pecuária regional é notória. A mesma constitui-se uma das principais forrageiras para manutenção dos sistemas de produção de leite no Agreste de Pernambuco, identificada por 88,99% dos produtores (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Levantamentos realizados no Sertão e Agreste de Pernambuco revelaram que 85% e

32% das propriedades rurais, respectivamente, cultivam a palma. No Agreste da Paraíba esse índice chega a 98%, sendo uma das principais fontes de alimentação para os ruminantes (LEITE, 2009).

A palma forrageira é a cactácea mais estudada e de maior importância econômica no mundo. É utilizada para diversos fins: alimentação humana e animal, produção de energia, na medicina, cosméticos, indústria química e alimentícia, produção de corante, uso como cercas vivas, paisagismo, controle da erosão e conservação dos solos. É difícil encontrar uma planta tão distribuída e explorada, principalmente nas zonas áridas e semiáridas, ou como economia de subsistência pelos produtores de pequenos animais, ou como cultura voltada para o mercado industrial, assim como a palma forrageira (DUBEUX JÚNIOR *et al.*, 2013).

2.3. Valor nutricional da palma forrageira

A palma forrageira apresenta composição químico-bromatológica variável conforme a época do ano, idade da planta, ordem do cladódio, espécies e genótipos, manejo de adubação, espaçamento de plantio, entre outros fatores. De maneira geral, os cladódios, caules modificados que funcionam como folhas e caule, são constituídos por elevado conteúdo de água, material mineral (MM), carboidratos não fibrosos (CNF), vitaminas e alta digestibilidade, todavia, apresentam baixos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibras (GOMES, 2011; LIRA *et al.*, 2011).

Independente do gênero (*Opuntia* ou *Nopalea*), a variação na composição química dos principais genótipos de palma forrageira é de 74,0 a 157,0 g.kg⁻¹ de MS na matéria natural, MM de 96,7 a 177,0 g.kg⁻¹ MS, extrato etéreo variando de 16,0 a 22,0 g.kg⁻¹ MS, PB de 33,0 a 75,0 g.kg⁻¹ MS, fibra em detergente neutro (FDN) de 236,0 a 373,2 g.kg⁻¹ MS, fibra em detergente ácido (FDA) de 140,0 a 225,0 g.kg⁻¹ de MS, CNF de 423,6 a 650 g.kg⁻¹ MS e carboidratos totais (CHOT) de 738 a 852 g.kg⁻¹ de MS (CONCEIÇÃO *et al.* 2018; FROTA *et al.*, 2015; MOURA *et al.*, 2012; LOPES *et al.*, 2017).

Estudando a composição bromatológica de material vegetal, coletado no período seco, de sete genótipos de palma forrageira e avaliados por ordem do

cladódio, Alves *et al.* (2017) encontram variações nos teores de MS (56,00 a 75,70 g.kg⁻¹ MN), MM (76,20 a 130,50 g.kg⁻¹ MS), EE (7,80 a 19,90 g.kg⁻¹ MS) e PB (50,03 a 91,30 g.kg⁻¹ MS). Os mesmos autores concluíram que cladódios de maior ordem (jovens) concentram maior teor de proteína, enquanto que o extrato etéreo tende a ser maior nos cladódios de primeira ordem (maduros).

A palma forrageira apresenta alguns aspectos que podem ser considerados limitantes, como o baixo teor de matéria seca e a quantidade de fibra (SANTOS *et al.*, 2010), devendo ser fornecida junto a uma fonte de fibra efetiva, evitando distúrbios metabólicos e diarreia, associada ao seu uso exclusivo na dieta. Porém, essas características possibilitam a esta cactácea alto potencial de degradabilidade, Batista *et al.* (2009) estudando a degradabilidade efetiva da matéria seca dos genótipos Gigante, Miúda e IPA-20 obtiveram valores de 704; 690 e 693 g/kg MS, respectivamente.

A palma é rica em material mineral, que são compostos principalmente por potássio (1,83 a 250,00 g.kg⁻¹ MS), cálcio (7,30 a 375,00 g.kg⁻¹ MS), magnésio (4,63 a 725,00 g.kg⁻¹ MS), nitrogênio (6,41 a 30,40 g.kg⁻¹ MS), fósforo (0,63 a 6,00 g.kg⁻¹ MS), ferro (14,68 a 750,00 mg.kg⁻¹ MS), manganês (62,00 a 984,41 mg.kg⁻¹ MS), zinco (62,00 a 984,41 mg.kg⁻¹ MS), cobre (2,07 a 93,02 mg.kg⁻¹ MS) e boro (21,71 a 23,40 mg.kg⁻¹ MS) (ALVES *et al.*, 2016; CHAHDOURA *et al.*, 2015; DUBEUX-JÚNIOR *et al.*, 2010; GUEVARA-FIGUEROA *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2012).

Segundo Alves *et al.* (2017), estudando a composição mineral por ordem de cladódio, os teores variaram de N (8,00 a 14,60 g.kg⁻¹ MS), P (1,92 a 4,56 g.kg⁻¹ MS), K (4,65 a 42,00 g.kg⁻¹ MS), Ca (21,46 a 62,75 g.kg⁻¹ MS), Mg (9,95 a 22,02 g.kg⁻¹ MS), S (36,67 a 1.315,59 mg.kg⁻¹ MS), Fe (59,38 a 208,21 mg.kg⁻¹ MS), Cu (9,01 a 39,65 mg.kg⁻¹ MS), Zn (19,19 a 81,14 mg.kg⁻¹ MS) e Mn (102,50 a 704,57 mg.kg⁻¹ MS). Os mesmos autores concluíram que cladódios de maior ordem concentram maiores valores de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, cobre, zinco e manganês.

A palma não é somente importante nutricionalmente, mas, é uma forma de suprir água aos animais devido seus cladódios conterem em média 90% de umidade, o que representa para o semiárido uma valiosa contribuição para o acúmulo e suprimento desse líquido os animais. Isso permite que o consumo de água (l.dia⁻¹) seja

reduzido em 70 a 90%, à medida que os níveis de palma são incrementados na dieta, diminuindo a dependência de recursos hídricos já escassos no período seco (ABIDI *et al.*, 2009; DUBEUX-JÚNIOR *et al.*, 2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local da coleta

A coleta de amostras dos genótipos de palma forrageira foi realizada em área implantada em dezembro de 2014 na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, no município de Arcoverde (8°25' S; 37°05' W e 680,70 m), região de transição entre o Agreste e Sertão pernambucano. O clima da região é caracterizado por apresentar temperatura média anual em torno de 24,4 °C, umidade relativa do ar média anual de 78,19% e precipitação pluvial média anual de 798,10 mm (INMET, 2018).

3.2. Caracterização edafoclimática

O solo para caracterização dos atributos físico-químicos (Tabela 1) foi coletado na profundidade de 0-20 cm. A amostra composta foi representada por 10 sub-amostras que, depois de homogeneizadas, e encaminhadas ao Laboratório de Física e Química do Solo no Departamento de Solos e Engenharia Rural da Universidade Federal da Paraíba, foram analisadas conforme metodologia proposta por Teixeira *et al.* (2017).

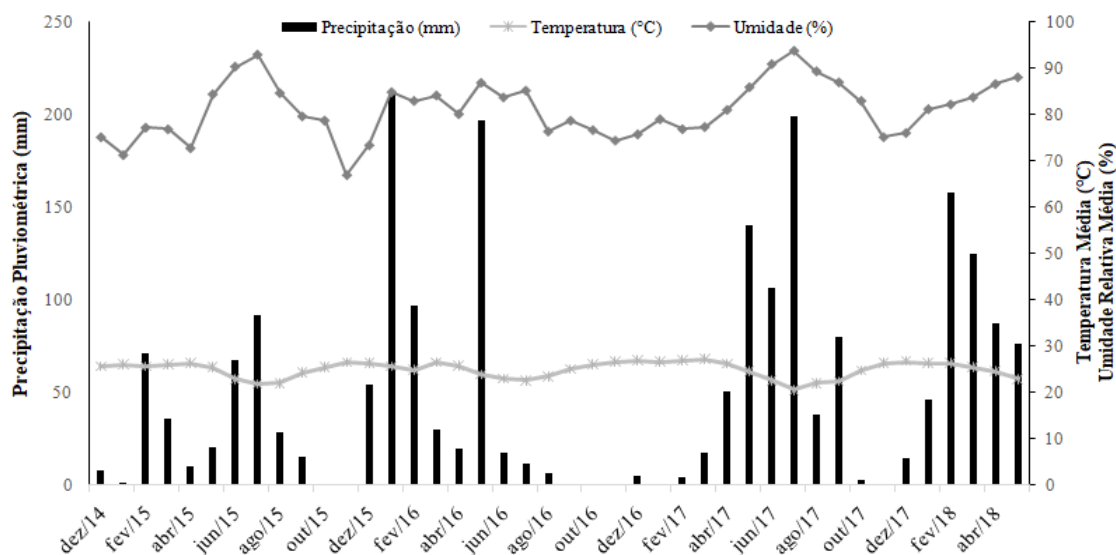
Tabela 1. Atributos físico-químicos do solo da área cultivada com genótipos de palma forrageira em Arcoverde, Pernambuco, 2019.

Ph	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	M.O.
(1:2.5)	----mg/dm ³ ----		-----cmol _c /dm ³ -----						g/kg	
6,42	24,37	119,96	0,15	4,08	0,00	6,38	0,86	7,70	11,77	20,48
Areia		Silte		Argila		Classificação textural				
-----g/kg-----										
717		180		103		Franco-arenoso				

SB (Soma de Bases); CTC (Capacidade de Troca de Cátions); M.O. (Matéria Orgânica).

As médias mensais de precipitação pluvial, temperatura média e umidade relativa do ar de dezembro de 2014 a maio de 2018 (Figura 1), foram obtidas no posto de coletas de dados climatológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizado na estação experimental do IPA em Arcoverde-PE.

Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (%) da área de cultivo dos genótipos de palma forrageira de dezembro de 2014 a maio de 2018.



3.3. Genótipos e cultivo

Os genótipos de palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* foram plantados no dia 10 de dezembro de 2014, espaçados 1,0 x 0,5 m; utilizando-se de um cladódio por cova (Tabela 2).

Tabela 2. Genótipos de palma forrageira, dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*, utilizados no estudo e cultivados em Arcoverde, Pernambuco, 2019.

Gênero	Espécie	Acesso	Nome vulgar
<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia stricta</i> Haw	IPA-200016	Orelha de Elefante Mexicana
<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill.	IPA-200174	Orelha de Elefante Africana
<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia atropes</i> Rose	IPA-200008	F-08
<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia larreri</i>	IPA-200149	V-19
<i>Nopalea</i>	<i>Nopalea cochenillifera</i>	IPA-100004	Miúda
<i>Nopalea</i>	<i>Nopalea cochenillifera</i>	IPA-200021	F-21
<i>Nopalea</i>	<i>Nopalea cochenillifera</i>	IPA-200205	IPA-Sertânia

A cultura foi conduzida em condições de sequeiro. O solo foi adubado 30 dias após o plantio, com 20 t.ha⁻¹ de esterco bovino, distribuídos entre as linhas. Após o estabelecimento do palmal, realizou-se capinas (manual e com uso de enxada), quando necessária, para manutenção da área livre de plantas espontâneas.

3.4. Coleta do material vegetal

A coleta dos materiais foi realizada em maio de 2018 (período chuvoso) sendo selecionadas cinco plantas de mesmo porte para cada genótipo (Figura 2 A-G). Colheu-se a parte área presente acima da primeira ordem (cladódios primários), com o propósito de manter uma área de cladódio remanescente para manutenção do estande. De cada planta foram selecionados cinco cladódios em diferentes estádios fenológicos: jovem, intermediário e maduro.

Figura 2. Genótipos de palma forrageira dos gêneros *Opuntia* (orelha de elefante mexicana - A; orelha de elefante africana - B; F-08 - C; V-19 - D) e *Nopalea* (miúda - E; F-21 - F; IPA-Sertânia - G).



No estágio fenológico jovem, os cladódios localizados na extremidade distal ou lateral da planta, apresentavam coloração verde clara, estrutura frágil (facilmente destacável), ainda em fase de crescimento e sem a presença de gloquídios. Os cladódios intermediários de tonalidade verde mais escura, estrutura rígida, gloquídios desenvolvidos e sem a presença de senescência, estavam localizados na porção mediana da planta. Os cladódios maduros, totalmente expandidos, em sua maioria estavam localizados nas primeiras ordens, logo acima da base, com estrutura rígida e sinais de senescência (Figura 3).

Figura 3. Estádios fenológicos dos cladódios de palma forrageira: maduro (A), intermediário (B) e jovem (C).



Os cladódios selecionados para cada estágio fenológico foram limpos em água destilada, cortados em pequenos pedaços (2 a 3 cm de comprimento) e desidratados a 55°C, até peso constante, em estufa de circulação forçada de ar pertencente à Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco. As amostras secas foram conduzidas ao Laboratório de Nutrição Animal e Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia do CCA/UFPB, moídas em moinho tipo Willey®, com peneira de 20 mesh e acondicionados em sacos plásticos vedados.

3.5. Determinação da composição mineral

As amostras moídas foram encaminhadas ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras para determinação da

composição mineral. A seguir, foram mineralizadas com mistura de ácido nítrico-perclórica, para determinação das concentrações de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn); mineralização sulfúrica para determinação de nitrogênio (N); e incineração para determinar boro (B), seguindo metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997).

A concentração de N foi determinada pelo método Kjeldahl, o P por colorimetria do azul de molibdênio e o K determinado por fotometria de chama de emissão. Determinaram-se Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn por espectrofotometria de absorção atômica e o de S por turbidimetria do sulfato de bário. O teor de B foi determinado pelo método de colorimetria da azometina - H (SILVA, 2009).

3.6 Determinação da composição bromatológica

A composição bromatológica foi determinada no Laboratório de Nutrição Animal e Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia do CCA/UFPB. As análises de matéria seca (MS) (método 920.39), matéria orgânica (MO) e matéria mineral (MM) (método 942.05), extrato etéreo (EE) (método 920.39) e proteína bruta (PB) (método 954.01) foram realizadas conforme metodologia descrita pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1997). As determinações de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizadas pelo método da autoclave (DETMANN *et al.*, 2012).

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados utilizando a expressão $CNF = 1000 - (FDN + PB + EE + MM)$ descrita por Weiss (1999) e os carboidratos totais (CHOT) pela equação $CHOT = 1000 - (PB + EE + MM)$ sugerida por Sniffen *et al.* (1992).

3.7 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 7x3 (sete genótipos de palma e três estádios fenológicos do cladódio), com cinco repetições (plantas). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), adotando-se o seguinte modelo estatístico:

$Y_{ijk} = m + G_i + EF_j + GEF_{ij} + E_{ijk}$, onde:

Y_{ijk} = valor observado para a característica analisada;

m = média geral;

G_i = efeito do genótipo de palma forrageira i ;

EF_j = efeito do estágio fenológico do cladódio j ;

GEF_{ij} = efeito da interação entre ($G_i \times EF_j$);

E_{ijk} = erro experimental associado à Y_{ijk} .

As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico R Studio (R CORE TEAM, 2018).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância pelo teste F revelou interação significativa entre os fatores à ($P < 0,01$) para fósforo (P), cálcio (Ca), boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) e a ($P < 0,05$) para extrato etéreo (EE). Entre os genótipos de palma forrageira há diferenças no conteúdo de nitrogênio (N), potássio (K), enxofre (S), ferro (Fe), zinco (Zn), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos totais (CHOT).

As diferenças entre os atributos minerais dos genótipos, provavelmente, estejam relacionadas com a época de coleta do material, período chuvoso, em que as plantas se encontravam em pleno turgor, uma vez que o transporte dos nutrientes é um processo altamente dependendo de água no solo e a mobilidade dos nutrientes na planta é influenciada pela presença de água nos tecidos. Outro estudo já havia relatado variabilidade nas características químicas e nutricionais dos mesmos genótipos para N, P, K, Ca, S, Fe, Cu, Zn, PB e EE (ALVES *et al.* 2016).

O estágio fenológico do cladódio influenciou nas concentrações de N, Fe, Zn, MS, PB e CNF, conforme Tabela 3. O conteúdo de magnésio (Mg) não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$).

Tabela 3. Resumo da análise de variância da composição mineral e bromatológica entre os fatores envolvidos no experimento.

Fonte Variação	GL	Quadrados Médios									
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Cu	Zn
Genótipo (G)	6	14,1312 ^{**}	18,8326 ^{**}	349,7859 [*]	1235,0673 ^{**}	0,15384 ^{ns}	2,31725 [*]	726,3040 ^{**}	1498,065 ^{**}	23.2103 ^{**}	6027,390 ^{**}
Estádio F. (EF)	2	9,7443 [*]	30,1493 ^{**}	136,6245 ^{ns}	27,6501 ^{ns}	0,08358 ^{ns}	0,53924 ^{ns}	3646,7917 ^{**}	1000,887 [*]	1.1383 ^{ns}	2217,397 [*]
Interação (G x EF)	12	0,9986 ^{ns}	2,6673 ^{**}	27,2534 ^{ns}	153,7416 ^{**}	0,05487 ^{ns}	0,36634 ^{ns}	216,6401 ^{**}	219,057 ^{ns}	1.7656 ^{**}	634,984 ^{ns}
Resíduo	84	2,9796	0,8489	63,5558	39,9271	0,06756	0,24116	65,8090	323,756	0.5812	573,737
CV (%)		14,24	15,56	27,03	10,21	3,64	13,25	13,92	17,14	19,67	27,89

Fonte Variação	GL	Quadrados Médios									
		Mn	MS	MM	MO	EE	PB	FDN	FDA	CNF	CHOT
Genótipo (G)	6	63398,62 ^{**}	809,8303 ^{**}	2339,7115 ^{**}	2339,7115 ^{**}	47,2440 ^{**}	444,9736 ^{**}	2816,976 ^{**}	2922,9876 ^{**}	8097,568 ^{**}	1999,0455 ^{**}
Estádio F. (EF)	2	117329,24 ^{**}	480,7896 [*]	269,0939 ^{ns}	269,0939 ^{ns}	2,5923 ^{ns}	191,8815 [*]	11807,954 ^{**}	8274,1569 ^{**}	7134,795 ^{**}	733,2054 ^{ns}
Interação (G x EF)	12	4075,91 ^{**}	15,5032 ^{ns}	496,685 ^{ns}	496,685 ^{ns}	12,4374 [*]	29,1854 ^{ns}	2698,261 ^{**}	566,0075 ^{**}	1803,677 ^{ns}	640,5879 ^{ns}
Resíduo	84	1895,52	38,4025	485,3718	485,3718	3,2299	48,3450	430,3588	185,9828	1416,3613	624,2314
CV (%)		27,34	8,85	14,23	2,62	9,29	10,66	7,49	9,02	7,78	3,29

N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), S (enxofre), B (boro), Fe (ferro), Cu (cobre), Zn (zinco), Mn (manganês), MS (matéria seca), MM (matéria mineral), MO (matéria orgânica), EE (extrato etéreo), PB (proteína bruta), FDN (fibra em detergente neutro), FDA (fibra em detergente ácido), CNF (carboidratos não fibrosos) e CHOT (carboidratos totais). ^{ns} não significativo, ^{**} e ^{*} significativo aos níveis de 1% e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

Os componentes químicos das plantas têm uma ampla variação, tanto na composição quanto no conteúdo, e variam entre espécies e dentro da mesma espécie. Os fatores que contribuem para essa diferença são genéticos, condições ambientais de crescimento, solo, período de coleta, idade da planta, ordem do cladódio avaliado, tecido analisado, temperatura de secagem do cladódio, métodos de extração e diferenças nas metodologias utilizadas nas determinações (ALVES *et al.*, 2017; RIBEIRO *et al.*, 2010). Diferenças significativas para alguns dos atributos já eram esperadas, tendo em vista que se trata de matérias vegetais que possuem características fenotípicas divergentes, originárias em sua maioria de melhoramento genético.

Observou-se diferença ($P < 0,01$) entre os genótipos para o teor de fósforo (P), sendo os maiores valores observados para o F-08 no estágio jovem ($7,18 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) e na Orelha de elefante africana no cladódio intermediário ($7,99 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) e maduro ($9,12 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$). Já ao avaliar o efeito dos estádios fenológicos sobre os genótipos, os cladódios em estágio maduro tendem a concentrar os maiores teores de P na Orelha de elefante mexicana ($5,80 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$), Orelha de elefante africana ($9,12 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$), V-19 ($6,30 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$), Miúda ($6,30 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$), F-21 ($7,56 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) e IPA-Sertânea ($6,70 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) (Tabela 4).

Os cladódios quanto mais velhos dispõem de maiores superfícies assimiladoras de CO_2 , e são responsáveis pela produção de fotossintatos e a distribuição dos nutrientes e água para os demais órgãos (QUEIROZ *et al.*, 2015). As maiores concentrações de fósforo nos cladódios maduros, provavelmente esteja relacionada à importância desse nutriente nos processos fotossintéticos de plantas com metabolismo CAM (Metabolismo do Ácido das Crassuláceas) atuando na recomposição da fosfoenolpiruvato (TAIZ *et al.*, 2017).

Houve diferença ($P < 0,05$) na concentração de cálcio (Ca) entre os estádios fenológicos dos genótipos Orelha de elefante mexicana, F-08 e Miúda. Observa-se variação no teor Ca entre os genótipos no estágio jovem ($41,72$ a $79,72 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$), intermediário ($48,13$ a $81,79 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) e maduro ($48,21$ a $65,79 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$). A palma possui na sua composição níveis relativamente altos de Ca, Santos *et al.* (2009), ofertando palma para caprinos observou teores de $45,60 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$, próximos aos encontrados nesse estudo.

Tabela 4. Teores de P, Ca, B, Cu e Mn dos genótipos de palma forrageira em diferentes estádios fenológicos do cladódio.

Variável	Genótipo	Cladódios			P-valor
		Jovem	Intermediário	Maduro	
P (g.kg ⁻¹ MS)	OEM ¹	3,87 Db	4,12 Cb	5,80 Ba	0,0022
	OEA ²	6,48 ABb	7,99 Aa	9,12 Aa	0,0001
	F-08	7,18 A	6,67 B	6,23 B	0,2690
	V-19	3,91 Db	5,21 BCab	6,30 Ba	0,0005
	Miúda	5,89 Bab	5,48 Bc	7,05 Ba	0,0232
	F-21	4,91 BCb	5,34 BCb	7,56 Aba	<0,0001
	IPA-Sertânea	4,17 Cb	4,29 Cb	6,70 Ba	<0,0001
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	
Ca (g.kg ⁻¹ MS)	OEM	54,40 Db	56,48 BCab	64,49 Aba	0,0321
	OEA	41,72 E	48,13 C	48,21 C	0,1793
	F-08	79,72 Aa	81,79 Aa	67,47 Ab	0,0010
	V-19	56,09 C	61,81 B	65,49 AB	0,0645
	Miúda	67,62 Ba	61,65 Bab	53,69 BCb	0,0032
	F-21	68,94 AB	66,26 B	61,46 AB	0,1687
	IPA-Sertânea	64,98 BC	62,89 B	65,79 A	0,7556
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	
B (mg.kg ⁻¹ MS)	OEM	68,98 Aba	65,36 ABab	53,32 ABb	0,0078
	OEA	80,67 Aa	77,33 Aa	55,66 Ab	<0,0001
	F-08	72,88 Aa	65,08 ABa	39,28 Bb	<0,0001
	V-19	48,45 C	53,11 B	49,94 AB	0,6499
	Miúda	69,91Aba	53,18 Bb	38,64Bc	<0,0001
	F-21	57,04 B	56,52 B	46,73 AB	0,0811
	IPA-Sertânea	68,84 Aba	57,94 Ba	44,79 ABb	0,0001
	P-valor	<0,0001	<0,0001	0,0063	
Cu (mg.kg ⁻¹ MS)	OEM	4,68 B	5,45 A	5,39 A	0,2045
	OEA	6,65 Aa	6,14 Aab	5,18 Ab	0,0100
	F-08	4,64 Ba	3,69 Bab	2,74 Bb	0,0008
	V-19	3,45 BC	2,60 B	2,79 B	0,1830
	Miúda	2,90 C	3,61 B	2,69 B	0,1388
	F-21	3,28 BC	3,46 B	4,06 AB	0,2385
	IPA-Sertânea	2,69 C	2,33 B	2,93 B	0,4488
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	
Mn (mg.kg ⁻¹ MS)	OEM	317,73 Aa	285,39 Aa	185,88 Ab	<0,0001
	OEA	134,60 B	131,77 CD	115,96 B	0,7666
	F-08	203,80 Ba	193,43 Ba	41,63 Cb	<0,0001
	V-19	312,60 Aa	252,54 ABa	148,86 ABb	<0,0001
	Miúda	166,41 Ba	130,08 CDa	43,97 Cb	0,0001
	F-21	136,50 Ba	100,55 Dab	39,84 Cb	0,0027
	IPA-Sertânea	158,33 Ba	162,42 Ca	81,25 BCb	0,0054
	P-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

P (fósforo), Ca (cálcio), B (boro), Cu (Cobre), Mn (manganês). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ¹Orelha de elefante mexicana; ²Orelha de elefante africana.

Os teores de boro (B) foram maiores nos cladódios jovens, ainda em crescimento, dos genótipos Orelha de elefante mexicana, Orelha de elefante africana, F-08, Miúda e IPA-Sertânea, e reduzem com o avanço dos estádios fenológicos. No cladódio jovem os genótipos V-19 (48,45 mg.kg⁻¹ MS) e F-21 (57,04 mg.kg⁻¹ MS) diferiram dos demais. O cobre (Cu) nos genótipos Orelha de elefante africana e F-08 apresentaram maiores teores no cladódio jovem, 6,65 mg.kg⁻¹ MS e 4,64 mg.kg⁻¹ MS, respectivamente.

E o manganês (Mn) apresentou comportamento típico de um nutriente de boa mobilidade cujo teor tende a se concentrar entre os cladódios jovens e intermediários. As maiores variações no teor de Mn foram observados no estágio maduro para as variedades F-21 (39,84 mg.kg⁻¹) e Orelha de elefante mexicano (185,88 mg.kg⁻¹).

A redistribuição dos nutrientes minerais dos tecidos maduros para as áreas em crescimento ou armazenamento é essencial para o ciclo de vida do vegetal. Alguns nutrientes na parte aérea aumentam enquanto outros diminuem, ocorrendo translocação de órgãos senescentes para regiões de crescimento, como tecidos jovens e estruturas reprodutivas (LIMA *et al.*, 2011). Se tratando da palma forrageira, o corte dos cladódios superiores (jovens e intermediários) para alimentação animal, possibilita ofertar maiores concentrações de minerais.

Para a composição químico-bromatológica, observou-se diferença ($P < 0,01$) nas concentrações de extrato etéreo (EE) entre os genótipos nos cladódios intermediários e maduros. A palma Orelha de elefante africana (22,68 g.kg⁻¹ MS) e V-19 (22,39 g.kg⁻¹ MS) apresentaram maiores quantidades de EE, em comparação aos demais genótipos, nos estádios intermediário e maduro, respectivamente. Os valores obtidos nesta pesquisa estão dentro dos descritos (16,00 a 32,00 g.kg⁻¹ MS) por outros autores (BATISTA *et al.*, 2009; CAVALCANTE *et al.*, 2014). O EE dos genótipos Orelha de elefante mexicana e Orelha de elefante africana variaram entre os estádios fenológicos (Tabela 5).

Em relação aos valores de fibra em detergente neutro (FDN), observou-se diferença ($P < 0,01$) entre os estádios fenológicos dos genótipos F-08, Miúda, F-21 e IPA-Sertânea, com maiores concentrações nos cladódios maduros. Os genótipos apresentaram teores de FDN que variaram de 232,57 a 284,55 g.kg⁻¹ MS nos cladódios

jovens; de 255,87 a 308,77 g.kg⁻¹ MS nos intermediários e de 269,89 a 357,62 g.kg⁻¹ MS no estágio maduro. Batista *et al.* (2009), conduzindo estudos com genótipos de palma forrageira do gênero *Opuntia*, obtiveram valores de FDN variando de 241,00 a 263,00 g.kg⁻¹ MS, valores que se assemelham aos dessa pesquisa, independentemente do estágio fenológico do cladódio.

Tabela 5. Concentrações de EE, FDN e FDA dos genótipos de palma forrageira em diferentes estádios fenológicos do cladódio.

Variável	Genótipo	Cladódios			P-valor
		Jovem	Intermediário	Maduro	
EE (g.kg ⁻¹ MS)	OEM ¹	20,13 a	15,59 Cb	16,46 Cb	0,0003
	OEA ²	19,56 b	22,68 Aa	20,36 ABab	0,0201
	F-08	18,04	16,14 C	17,43 BC	0,2353
	V-19	20,03	20,25 AB	22,39 A	0,0757
	Miúda	19,03	18,52 BC	17,07 BC	0,2052
	F-21	21,68	20,14 AB	22,57 A	0,1016
	IPA-Sertânea	19,09	20,81 AB	18,15 BC	0,0640
	P-valor	0,0727	<0,0001	<0,0001	
FDN (g.kg ⁻¹ MS)	OEM	284,55 A	285,97 AB	269,89 C	0,3983
	OEA	267,87 AB	264,81 B	277,26 BC	0,6123
	F-08	282,36 Ab	277,34 ABb	357,62 Aa	<0,0001
	V-19	254,85 AB	255,87 B	283,67 BC	0,0586
	Miúda	246,25 ABb	260,59 Bb	310,56 Ba	<0,0001
	F-21	248,46 ABb	308,77 Aa	274,95 BCb	<0,0001
	IPA-Sertânea	232,57 Bb	274,05 ABa	299,28 BCa	<0,0001
	P-valor	0,0007	0,0023	<0,0001	
FDA (g.kg ⁻¹ MS)	OEM	148,83 AB	153,40 AB	155,13 B	0,7521
	OEA	147,79 ABb	148,58 ABab	168,44 Ba	0,0285
	F-08	162,59 Ab	159,57 Ab	213,23 Aa	<0,0001
	V-19	150,71 AB	144,51 AB	158,46 B	0,2708
	Miúda	128,09 BCb	146,09 ABb	167,38 Ba	<0,0001
	F-21	120,75 Bb	131,83 Bb	157,43 Ba	0,0002
	IPA-Sertânea	115,61 Bc	137,61 ABb	159,78 Ba	<0,0001
	P-valor	<0,0001	0,0398	<0,0001	

EE (extrato etéreo), FDN (fibra em detergente neutro), FDA (fibra em detergente ácido). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ¹Orelha de elefante mexicana; ²Orelha de elefante africana.

A fibra dos vegetais é constituída, principalmente, por celulose, hemicelulose e lignina, componentes encontrados em altas concentrações na parede celular dos vegetais

(MESSIAS *et al.*, 2013). O processo de maturação da planta implica no espessamento da parede celular, consequentemente no aumento das quantidades de celulose e hemicelulose, os quais constituem a FDN, por isso seu baixo valor nos tecidos jovens em comparação aos totalmente maduros. Por outro lado, ocorre o detrimento das moléculas orgânicas que participam de processos metabólicos, provavelmente reduzindo a concentração de compostos nitrogenados (VELÁSQUEZ *et al.*, 2010).

A fibra em detergente ácido (FDA) diferiu significativamente ($P < 0,05$) entre os genótipos nos estádios fenológicos, onde a palma F-08 apresentou maiores concentrações no cladódio jovem ($162,59 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$), intermediário ($159,57 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) e maduro ($213,23 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$). Para os valores de FDA por variedade ocorreu diferença significativa ($P < 0,05$) para a Orelha de elefante africana, F-08, Miúda, F-21 e IPA-Sertânea, no estágio maduro em relação ao intermediário e jovem.

As concentrações de FDN e FDA dos genótipos de palma analisados, estão abaixo do recomendado para formulação de ração, que segundo REIS *et al.*, (2004), para o animal manter um bom desempenho é necessário 450 e 200 $\text{g.kg}^{-1} \text{ MS}$ de FDN e FDA, respectivamente. Além disso, a reduzida disponibilidade de fibra restringe a utilização exclusiva de palma na dieta, devendo ser fornecida associada a uma fonte de fibra efetiva, a exemplo das silagens, fenos, restos de cultura, bagaço de cana, etc., evitando problemas como diarreia (SANTOS *et al.*, 2006).

Os genótipos de palma forrageira apresentaram diferenças nas médias dos conteúdos de N (10,55 a $13,47 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$), K (23,18 a $34,46 \text{ g.kg}^{-1}$), S (2,98 a $4,16 \text{ g.kg}^{-1}$), Fe (90,40 a $116,78 \text{ mg.kg}^{-1}$), Zn (70,99 a $127,69 \text{ mg.kg}^{-1}$), MS (61,42 a $83,80 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MN}$), MM (146,46 a $181,83 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$), MO (818,17 a $853,54 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$), PB (57,51 a $71,24 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$), CNF (433,12 a $504,93 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$) e CHOT (738,89 a $773,56 \text{ g.kg}^{-1} \text{ MS}$). Não foi observado diferenças ($P > 0,05$) para os teores de Mg, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6. Composição mineral e bromatológica em função dos genótipos de palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*.

Características	Genótipos de Palma Forrageira						
	OEM ¹	OEA ²	F-08	V-19	Miúda	F-21	Sertânea
N	13,02ab	12,00bc	12,31b	13,47a	12,07bc	10,55c	11,40bc
K	28,20ab	25,81ab	34,38a	34,46a	34,41a	23,18b	26,01ab
Mg	7,17	7,07	7,06	7,28	7,25	7,03	7,04
S	3,59b	3,91ab	4,06ab	4,16a	3,62ab	3,59b	2,98c
Fe	116,59a	116,78a	106,14ab	108,63ab	96,43b	90,40b	99,99ab
Zn	80,33b	127,69a	77,20b	94,46b	70,99b	79,54b	71,01b
MS	65,24cd	67,92bc	66,20cd	61,42d	73,99b	83,80a	71,57bc
MM	150,16b	148,12b	181,83a	149,65b	158,50ab	149,37b	146,46b
MO	849,84a	851,88a	818,17b	850,35a	841,50ab	850,63a	853,54a
PB	71,08a	69,33ab	62,06bc	71,24a	64,89bc	57,51c	60,62c
CNF	487,90a	485,01a	433,12b	493,43a	485,93 a	494,24a	504,93a
CHOT	757,88ab	765,15ab	738,89b	758,22ab	758,39ab	771,64a	773,56a

N (nitrogênio), K (potássio), Mg (Magnésio) e S (enxofre) expressos em g.kg⁻¹; Fe (ferro) e Zn (zinco) expressos em mg.kg⁻¹; MS (matéria seca) expresso em g.kg⁻¹ matéria natural; MM (matéria mineral), MO (matéria orgânica), PB (proteína bruta), CNF (carboidratos não fibrosos) e CHOT (carboidratos totais) expressos em g.kg⁻¹ MS. Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ¹Orelha de elefante mexicana; ²Orelha de elefante africana.

Independente do genótipo, os resultados mostram os baixos teores de MS da palma forrageira e o fornecimento em grandes quantidades pode comprometer o atendimento das necessidades de MS dos ruminantes. Em contrapartida, a grande quantidade de água representa um aporte desse nutriente para os animais criados em condições de semiárido (DUBEX JÚNIOR *et al*, 2010). As concentrações de CHOT foram altas, principalmente no genótipo IPA-Sertânea (773,56 g.kg⁻¹ MS) e F-21 (771,64 g.kg⁻¹ MS).

O genótipo V-19 apresentou os maiores conteúdos de N, K, S e PB. O teor de PB de 71,24 g.kg⁻¹ MS (V-19) e 71,08 g.kg⁻¹ MS (Orelha de elefante mexicana) favorece o uso desses genótipos da alimentação animal, uma vez que para o crescimento e desenvolvimento adequado dos microrganismos presentes no rúmen e que responsáveis pela degradação dos nutrientes oriundos da fração fibrosa da forragem, a dieta ofertada ao animal deve conter, no mínimo, níveis em torno de 70 g.kg⁻¹ MS de proteína bruta (SILVA *et al*, 2011).

Os estádios fenológicos do cladódio apresentaram diferenças na composição mineral para N, Fe e Zn, e bromatológica para MS, PB e CNF. O teor de Mg não é influenciado pela idade do cladódio. A concentração de nitrogênio (N) é maior no cladódio jovem (12,66 g.kg⁻¹ MS) e diminui com a maturidade da planta (11,60 g.kg⁻¹ MS), cladódio maduro (Tabela 7).

Tabela 7. Composição mineral e bromatológica em função dos estádios fenológicos do cladódio de palma forrageira.

Características	Estádio Fenológico do Cladódio		
	Jovem	Intermediário	Maduro
N	12,66 a	12,10 ab	11,60 b
Mg	7,08	7,13	7,18
Fe	110,14 a	105,37 ab	99,47 b
Zn	91,43 a	89,47 ab	76,77 b
MS	66,63 b	69,46 b	73,98 a
PB	67,62 a	65,19 ab	62,93 b
CNF	498,16 a	482,73 ab	469,65 b

N (nitrogênio) e Mg (Magnésio) expressos em g.kg⁻¹; Fe (ferro) e Zn (zinco) expressos em mg.kg⁻¹; MS (matéria seca) expresso em g.kg⁻¹ matéria natural; PB (proteína bruta) e CNF (carboidratos não fibrosos) expressos em g.kg⁻¹ MS. Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Esperava-se maiores teores de N em cladódios jovens devido a alta mobilidade desse nutriente no floema, podendo ser redistribuído para os órgãos (MARSCHNER, 2002). Os valores encontrados nesse estudo para os atributos minerais nos estádios fenológicos estão de acordo com os relatados na literatura para N (6,41 a 30,40 g.kg⁻¹ MS), Fe (14,68 a 750,00 mg.kg⁻¹ MS) e Zn (23,33 a 120,80 mg.kg⁻¹ MS) (ALVES *et al.*, 2016; CHAHDOURA *et al.*, 2015; DUBEUX-JÚNIOR *et al.*, 2010; GUEVARA-FIGUEROA *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2012).

Os cladódios maduros apresentam maiores concentrações de MS (73,88 g.kg⁻¹ MN) em comparação aos intermediários (69,46 g.kg⁻¹ MN) e jovens (66,63 g.kg⁻¹ MN). Isso é justificado pelo aumento da porção fibrosa e de lignina que incrementam os teores de MS nos cladódios maduros, ocorrendo o envelhecimento e fortalecimento para suportar a geração de novos cladódios. Vale ressaltar que a coleta foi realizada preservada os cladódios de primeira ordem, onde normalmente são mais lignificados, e nesse caso, a análise não levou em consideração cladódios dessa ordem.

5. CONCLUSÕES

A composição mineral e bromatológica dos genótipos de palma forrageira apresenta variabilidade nos diferentes estádios fenológicos do cladódio.

O corte dos cladódios em estágio jovem e intermediário prioriza as maiores concentrações de minerais, proteína bruta e carboidratos não fibrosos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIDI, S.; SALEM, H. B.; VASTA, V.; PRIOLO, A. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. **Small Ruminant Research**, v. 87, n. 1 p. 9-16, 2009.

ALVES, F. A. L.; ANDRADE, A. P.; BRUNO, R. L. A.; SANTOS, D. C. Study of the variability, correlation and importance of chemical and nutritional characteristics in cactus pear (*Opuntia* and *Nopalea*). **African Journal of Agricultural**, v. 11, n. 31, p. 2882-2892, 2016.

ALVES, F. A. L.; ANDRADE, A. P.; BRUNO, R. L. A.; SANTOS, D. C.; MAGALHÃES, A. L. R.; SILVA, D. S. Chemical and Nutritional Variability of Cactus Pear Cladodes, Genera *Opuntia* and *Nopalea*. **American Journal of Food Technology**, v. 12, n. 1, p. 25-34, 2017.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL. **Official Methods of Analysis**. 16^a ed., 3^a rev. Gaithersburg: Published by AOAC International, v. 2, 474p. 1997.

BATISTA, A.M.V.; RIBEIRO NETO, A.C.; LUCENA, R.B.; SANTOS, D.C.; DUBEUX JÚNIOR, J.B.; MUSTAFA, A. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, v.62, n.3, p.297-301, 2009.

BISPO, S. V.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C. et al. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007.

CÂNDIDO, M. J. D.; GOMES, G. M. F.; LOPES, M. N.; XIMENES, L. J. F. Cultivo de palma forrageira para mitigar a escassez de forragem em regiões semiáridas. **Informe Rural Etene**, v. 7, n. 3, p. 1-7, 2013.

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. A.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014.

CAVALCANTI, M. C. A. et al. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill.) e palma orelha de elefante (*Opuntia* sp.). **Acta Scientiarum**, v. 30, n. 2, p. 173-179, 2008.

CHAHDOURA, H.; MORALES, P.; BARREIRA, J. C. M. et al. Dietary fiber, mineral elements profile and macronutrients composition in different edible parts of *Opuntia microdasys* (Lehm.) Pfeiff and *Opuntia macrorhiza* (Engelm.) **Food Science and Technology**, v. 64, n. 1, p. 446-451, 2015.

CONCEIÇÃO, M. G.; FERREIRA, M. A.; SILVA, J. L. et al. Can cactus (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw) cladodes plus urea replace wheat bran in steers' diet? **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 31, n. 10 p. 1627-1634, 2018.

DE SANTIAGO, E.; DOMÍNGUEZ-FERNÁNDEZ, M.; CID, C.; DE PEÑA, M. P. Impact of cooking process on nutritional composition and antioxidants of cactus cladodes (*Opuntia ficus-indica*). **Food Chemistry**, v. 240, p. 1055-1062, 2018.

DETMANN, E.; SOUZA, M. D.; VALADARES FILHO, S. D. C. et al. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 214, 2012.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; ARAÚJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; PESSOA, R. A. S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira - Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 129-135, 2010.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; CAVALCANTE, M.; SANTOS, D.C. Potencial da palma forrageira na América do Sul. **Cactusnet Newsletter**, v. 13, ed. esp., p. 29-40, 2013.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; MELLO, A. C. L.; CUNHA, M. V.; FERREIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; LIRA, M. A.; SILVA, M. C. Forage potential of cacti on drylands. **Acta Horticulturae**, v.106. p. 181-186, 2015.

FÉLIX, E. S.; LIMA, W. B.; SILVA, C. T.; ARAÚJO, J. S.; PEREIRA, D. P; LIRA, E. C. Cultivo de palma forrageira (*Opuntia Stricta*) irrigada com água salinizada. **Brazilian Applied Science Review**, v. 2, n. 6, p. 1869-1875, 2018.

FERRAZ, R. L. S. et al. *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae) in climate change scenarios and its potential for wastewater bioremediation in Semi-arid Regions: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 18, n. 3, p. 1-11, 2017.

FROTA, M. N. L.; CARNEIRO, M. S. S.; CARVALHO, G. M. C. et al. Palma forrageira na alimentação animal. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Meio-Norte**. Teresina, PI, 2015.

GUEVARA-FIGUEROA, T.; JIMÉNEZ-ISLAS, H.; REYES-ESCOGIDO, M. et al. Proximate composition, phenolic acids, and flavonoids characterization of commercial and wild nopal (*Opuntia spp.*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v.23, p.525-532, 2010.

GOMES, J. B. **Adubação orgânica na produção de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) no cariri paraibano**. 2011. 50 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2011.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2015. Dados climáticos da Estação de Arcoverde: série histórica de 1961 a 2017. Banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>> Acesso em: 4 dez de 2018.

LEITE, M. L. M. V. **Avaliação de clones de palma forrageira submetidos a adubações e sistematização de informações em propriedades do semiárido**

paraibano. 2009. 186 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

LEITE, M. L. M. V. et al. Caracterização da produção de palma forrageira no Cariri paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 192-200, 2014.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; CAZETTA, J. O.; AZEVEDO, C. A. V.; SOFIATTI, V.; ARRIEL, N. H. C. Redistribuição de nutrientes em folhas de pinhão-manso entre estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.11, p.1175-1179, 2011.

LIRA, M. A.; SANTOS, S. D.; SILVA, M. C. et al. Genética e melhoramento da palma forrageira. In: 2º Congresso Brasileiro de Palma e Outras Cactáceas, 2011. **Anais...** Garanhuns-PE, 2011.

LOPES, E. B.; SANTOS, D. C.; VASCONCELOS, M. F. Cultivo da Palma Forrageira. In: **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino**. João Pessoa: EMEPA-PB, 2012.

LOPES, L. A.; CARVALHO, F. F. R.; CABRAL, A. M. D. et al. Replacement of tifton hay with alfalfa hay in diets containing spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) for dairy goats. **Small Ruminant Research**, v. 156, p. 7-11, 2017.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARQUES, O. F. C.; GOMES, L. S. P.; MOURTHÉ, M. H. F.; BRAZ, T. G. S.; NETO, O. S. P. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Caderno Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 2002. 889p.

MESSIAS, A. S.; GOMES, E. W. F.; SANTANA, F. C. T. Laboratório de análise de

água, planta e ração - Análise de planta e ração. In: FIGUEIREDO, M. V. B. et al. **Manual de práticas laboratoriais: um guia para pesquisa**. 1. ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), 2013. cap. 17, p. 327-346.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Semiárido Brasileiro**. 2018. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/semiarido-brasileiro>> Acesso em: 12 out. 2018.

MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B.; SÁ, I. I. S. et al. Aptidão do Nordeste brasileiro ao cultivo da palma forrageira sob cenários de mudanças climáticas. In: **Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro**, 3., 2011.

MUNIZ, E. B. et al. Cinética de degradação ruminal de carboidratos de volumosos secos e aquosos: técnica de produção de gases. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 3, p. 1191- 1200, 2011.

OLIVEIRA, F. T.; SILVA, J. S.; SILVA, R. P.; ANDRADE-FILHO, F. C.; PEREIRA-JUNIOR, E. B. Palma forrageira: Adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.4, p.27-37, 2010.

OLIVEIRA, M. C.; CAMPOS, J. M. S.; OLIVEIRA, A. S.; FERREIRA, M. A.; MELO, A. A. S. Enchmarks for milk production systems in the Pernambuco Agreste region, Northeastern Brazil. **Revista Caatinga**, v.3, n.29, p.725-734, 2016.

PEREIRA P. C; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; SILVA, M. J. Water balance in soil cultivated with forage cactus clones under irrigation. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p.776-785, 2017.

PEREIRA, E. F. P.; LOPES, P. S. Q. **Palma - Ouro Verde do Semiárido**. João Pessoa: FAEPA/SENAR/PB, 2011. 16p.

QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.; ALVES, J. D. O. Morphophysiological characteristic and yield of forage cactus under

different irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p. 931-938, 2015.

R CORE TEAM (2018). R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Viena, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.

REIS, R. A.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; FREITAS, D.; SILVA, M. C. Suplementação proteica energética e mineral em sistemas de produção de gado de corte nas águas e nas secas. In.: **Pecuária de corte intensiva nos trópicos**. 1ª ed. Piracicaba: FEALQ. v. 1, p. 171- 226, 2004.

REYES-AGUERO, J. A.; AGUIRRE-RIVERA, J. R.; HERNÁNDEZ, H. M. Notas sistemáticas y descripción detallada de *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. (Cactaceae). **Agrocincia**, v. 39, n. 4, p. 395-408, 2005.

RIBEIRO, E. M. O.; SILVA, N. H.; LIMA-FILHO, J. L.; BRITO, J. Z.; SILVA, M. P. C. Study of carbohydrates present in the cladodes of *Opuntia ficus-indica* (fodder palm), according to age and season. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n.30, v.4, p.933-939, 2010.

ROCHA, A. G. V.; LIRA, M. A.; CAVALCANTI, V. L. B.; SANTOS, M. V. F.; WILLADINO, L. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha do carmim (*Dactylopius* sp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.827 831, 2012.

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; WARUMBY, J. F.; MELO, J. N. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco: cultivo e utilização**. Recife: IPA. 2006. 48p.

SANTOS, K. L. L.; GUIM, A.; BASTISTA, ÂNGELA, M. V.; SOARES, P. C.; SOUZA, E. J. O.; ARAÚJO, R. F. S. S. Balanço de macrominerais em caprinos alimentados com palma forrageira e casca de soja. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.3, p 546-559, 2009.

SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; BATISTA, A. M. V. Valor nutritivo e utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. (Ed.). **A palma no Nordeste do Brasil, conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. 1. ed. Recife: Editora da UFPE, 2005. p. 143-162.

SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B. et al. Palma Forrageira. In: FONSECA, D. M. e MARTUSCELLO, J. A. (Ed.) **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: Ed. UFV, p.459-493, 2010.

SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, n. 10, p. 1-13, 2006.

SILVA, C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009, 627p.

SILVA, J. A.; BONOMO, P.; DONATO, S. L. R. et al. Composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, supl., p.866-875, 2012.

SILVA, V. L., COSTA, L. S., BASTOS, M. P. V. et al. Caracterização físico-química e bioquímica do farelo de palma forrageira redonda (*Opuntia ficus*) utilizado na alimentação de ruminantes. **Pubvet**, v. 5, n. 2 p. 1-13, 2011.

SIMÕES, D. A.; SANTOS, D. C.; DIAS, F. M. Introdução da palma forrageira no Brasil p. 13. In: MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, p.258, 2005.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**. v. 70, p. 3562–3577, 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

TEXEIRA, A. et al. **Manual de métodos de análises de solo**. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 573p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. New York. 1994. 476p.

VELÁSQUEZ, P. A. T.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A. et al. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade *in vitro* de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n.6, p. 1206-1213, 2010.

WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61, 1999, Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1999. p. 176-185.

WITH, M. C.; FAY, M. F.; REVEAL, J. L. et al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, p. 105-121, 2009.